

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

554713

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
11. November 2004 (11.11.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2004/097207 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **F02M 51/06, 45/08**

(71) Anmelder (*für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US*): **COMPACT DYNAMICS GMBH [DE/DE]**; Moosstrasse 9, 82319 Starnberg (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: **PCT/EP2004/000929**

(72) Erfinder; und

(22) Internationales Anmeldedatum:  
2. Februar 2004 (02.02.2004)

(75) Erfinder/Anmelder (*nur für US*): **GRÜNDL, Andreas [DE/DE]**; Haseneystrasse 20, 81377 München (DE). **HOFFMANN, Bernhard [DE/DE]**; Otto-Gassner-Strasse 3, 82319 Starnberg (DE).

(25) Einreichungssprache: **Deutsch**

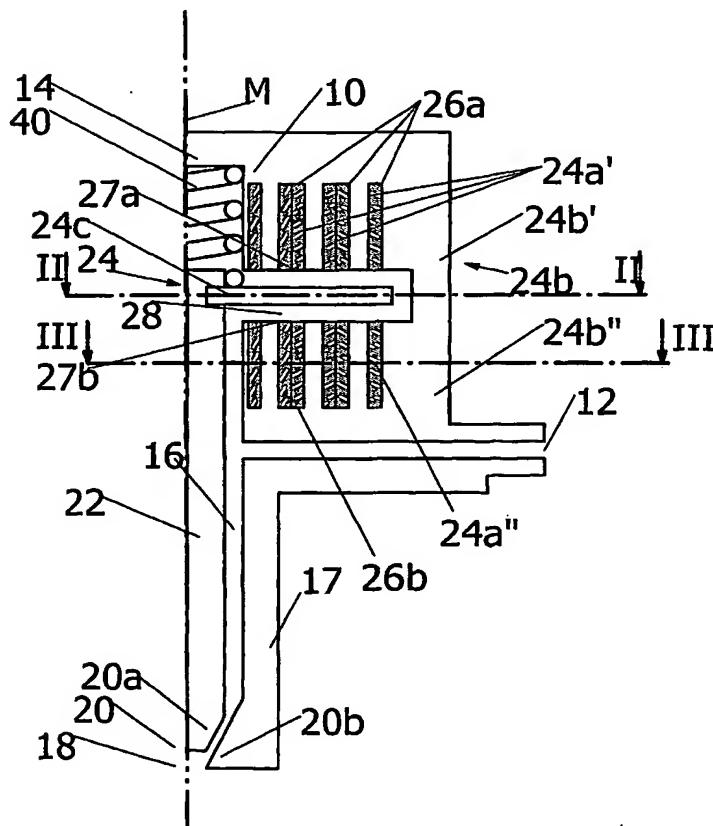
(74) Anwalt: **SCHMIDT, Steffen, J.; Schweigerstrasse 2, 81541 München (DE).**

(26) Veröffentlichungssprache: **Deutsch**

*[Fortsetzung auf der nächsten Seite]*

(54) Title: FUEL INJECTION VALVE FOR AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE

(54) Bezeichnung: BRENNSTOFF-EINSPIRZVENTIL FÜR BRENNKRAFTMASCHINEN



zusammenwirkende

(57) Abstract: The invention relates to a fuel injection valve for an internal combustion engine, in particular for injecting fuel directly into the combustion chamber thereof. The inventive injection valve comprises a fuel input (12) for introducing fuel therein and an electrically controlled actuating device (24) which interacts with a valve assembly (28) for extracting fuel through a fuel output (18) and injecting it into the combustion chamber in a direct or indirect controlled manner. Said actuating device (24) comprises an electrically powered magnetic coil assembly (24a), an essentially soft magnetic yoke assembly (24b) interacting with said magnetic coil assembly and an essentially soft magnetic armature assembly (24c) interacting with the magnetic yoke assembly (24b) which and/or the magnetic armature assembly are embodied in such a way that it is possible to reduce eddy currents.

(57) Zusammenfassung: Brennstoff-Einspritzventil für Brennstoff-Einspritzanlagen von Brennkraftmaschinen, insbesondere zum direkten Einspritzen von Brennstoff in einen Brennraum einer Brennkraftmaschine mit einem Brennstoff-Einlass (12), der dazu eingerichtet ist, Brennstoff in das Brennstoff-Einspritzventil einströmen zu lassen, einer elektrisch ansteuerbaren Betätigungsseinrichtung (24) die mit einer Ventilanordnung (28) zusammenwirkt, um Brennstoff in direkt oder indirekt gesteuerter Weise durch einen Brennstoff-Auslass (18) in den Brennraum ausströmen zu lassen, wobei die Betätigungsseinrichtung (24) eine zu bestromende Magnet-Spulen-anordnung (24a), eine mit dieser

*[Fortsetzung auf der nächsten Seite]*

**WO 2004/097207 A1**



(81) **Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart):** AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) **Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart):** ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM,

ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

## **Brennstoff-Einspritzventil für Brennkraftmaschinen**

### **Beschreibung**

#### Hintergrund der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Brennstoff-Einspritzventil für Brennstoff-Einspritzanlagen von Brennkraftmaschinen, insbesondere zum direkten Einspritzen von Brennstoff in einen Brennraum einer Brennkraftmaschine. Grundsätzlich ist es möglich, die Erfindung sowohl bei direkt einspritzenden als auch bei konventionellen, in das Saugrohr einspritzenden Motoren zu verwenden.

Das erfindungsgemäße Brennstoff-Einspritzventil hat einen Brennstoff-Einlaß, der dazu eingerichtet ist, Brennstoff in das Brennstoff-Einspritzventil einströmen zu lassen, und eine elektrisch ansteuerbare Betätigungseinrichtung die mit einer Ventilanordnung zusammenwirkt, um Brennstoff in direkt oder indirekt gesteuerter Weise durch einen Brennstoff-Auslaß in den Brennraum ausströmen zu lassen. Dabei weist die elektromagnetische Betätigungseinrichtung eine zu bestromende Elektromagnet-Spulenanordnung, eine mit dieser zusammenwirkende im Wesentlichen weichmagnetische Magnet-Jochanordnung, sowie eine mit dieser zusammenwirkende im Wesentlichen weichmagnetische Magnet-Ankeranordnung auf.

Die KFZ-Verbrennungsmotoren-Industrie steht durch die stetig steigenden Anforderungen der Abgasgesetzgebung mit weiter sinkenden Grenzwerten vor der Herausforderung, durch eine Optimierung des Einspritzvorgangs von Kraftstoff in die Brennkammer die Entstehung von Schadstoffen am Ort ihrer Entstehung zu optimieren. Kritisch sind insbesondere NO<sub>x</sub>- und Ruß-Emissionen. Durch die Entwicklung von Einspritzsystemen mit immer höheren Einspritzdrücken und hochdynamischen Injektoren, sowie durch gekühlte Abgasrückführung und Oxidationskatalysatoren ist es zwar möglich gegenwärtige Grenzwerte einzuhalten. Allerdings scheint das Potenzial der bisherigen Maßnahmen zur Emissionsreduzierung erreicht zu sein. Damit rücken variable Einspritzverlaufformungen in den Vordergrund. Hierbei wird die Kraftstoff-Einspritzrate wahlweise durch Mehrfacheinspritzung oder durch gezieltes Modulieren des Hubes der Düsenadel variiert.

#### Stand der Technik

Ein Brennstoff-Einspritzventil der oben genannten Art ist in den unterschiedlichsten Ausgestaltungen von mehreren Herstellern (Robert Bosch, Siemens VDO Automotive) bekannt. Allerdings haftet diesen bekannten Anordnungen der Nachteil an, dass die Anzahl der Hübe pro Arbeitstakt der Brennkraftmaschine sehr eingeschränkt ist. Insbesondere ist es damit

nicht möglich, bei hochtourigen Brennkraftmaschinen die für ein effizientes Motormanagement erforderlichen Mehrfacheinspritzungen pro Arbeitstakt in der erforderlichen Anzahl bereit zu stellen. Auch das präzise Variieren des Hubes der Ventilnadel ist bei diesen Anordnungen nur sehr eingeschränkt möglich. In beiderlei Hinsicht haben sich die konventionellen elektromagnetischen Betätigungsseinrichtungen als ein begrenzender Faktor für die Weiterentwicklung effizienter Brennstoff-Einspritzventile herausgestellt.

Ein bekannter Ansatz zur Überwindung dieser Einschränkung besteht darin, anstelle der elektromagnetischen Betätigungsseinrichtung einen Piezo-Linear-Aktor vorzusehen. Abgesehen von den hohen Kosten und dem relativ großen erforderlichen Bauraum des Piezo-Linear-Aktors ist auch deren temperaturabhängiges Verhalten in unmittelbarer Nähe zum Brennraum einer Brennkraftmaschine nachteilig. Auch erlauben Piezoantriebe heutiger Bauart nur etwa 3 bis 5 Einspritzvorgänge je Arbeitstakt des Verbrennungsmotors, wobei Öffnungs-/Schließ-Zyklen von etwa 100 µsec realisierbar sind. Insgesamt war bisher dieser Art von Brennstoff-Einspritzventilen im Einsatz von Serien-Fahrzeugen in größerem Stil versagt. Außerdem ist der Hub-Weg eines Piezo-Linear-Aktors bei vorgegebener Baulänge sehr beschränkt und wird derzeit mittels aufwendiger Hebelanordnungen auf ca. 100 bis 200 µm vergrößert. Schließlich gestaltet sich nach wie vor die präzise Modulation des Hubes der Düsenadel mittels des Piezo-Linear-Aktors bei der hohen Dynamik und den zunehmend hohen Drücken in der Brennkammer, insbesondere bei der Diesel-Direkteinspritzung, als schwierig.

Aus der DE 100 05 182 A1 ist ein elektromagnetisches Einspritzventil zur Steuerung einer in eine Verbrennungskraftmaschine einzuspeisenden Kraftstoffmenge mit einem durch ein Elektromagnetspulensystem betätigbaren Ventilkörper bekannt, wobei der Ventilkörper mit einem Magnetanker des Elektromagnetspulensystems zusammenwirkt. Das wesentliche Merkmal dieser Anordnung besteht darin, dass das Elektromagnetspulensystem wenigstens zwei zur Mittellängsachse symmetrische und konzentrisch angeordnete Spulen mit identischen Kenngrößen aufweist, die derart in einen Magnetkreis integriert sind, dass zwischen zwei benachbarten Spulen jeweils ein erster Polkörper angeordnet ist, und die innere und äußere Spule jeweils einem zweiten Polkörper benachbart ist. Weiterhin ist es wesentlich, dass die Polkörper derart dimensioniert sind, dass eine radiale Schnittfläche eines mittleren ersten Polkörpers der Summe der Schnittflächen der benachbarten zweiten Polkörper entspricht. Insgesamt hängt bei dieser Anordnung die Funktion erheblich von der Symmetrie der räumlichen Gestaltung des Elektromagnetspulensystems ab. Die Zeitverzögerung des elektrischen und des magnetischen Feldaufbaus hängt dabei vornehmlich von der Geometrie des Magnetkreises und insbesondere von der Felddiffusion und den auftretenden Wirbelströmen ab.

Allerdings stellt die bei dieser Anordnung notwendige konstruktive und elektrische/ magnetische Symmetrie des Elektromagnetspulensystems wie zum Beispiel die Dimensionierung bzw. das Verhältnis der radialen Schnittflächen der Polkörper zueinander eine erhebliche Einschränkung dar. Außerdem sind auch bei dieser bekannten Anordnung die erzielbaren Ventilschaltzeiten, Ventilwege und Ventilschließkräfte angesichts der eingangs erläuterten Anforderungen allenfalls als unzureichend zu bezeichnen.

#### Der Erfindung zugrunde liegendes Problem

Damit besteht bei bekannten Brennstoff-Einspritzventilen das Problem, eine kompakt bauende und kostengünstige Anordnung eines Brennstoff-Einspritzventils bereitzustellen, die langzeitstabil und tauglich für den Einsatz in Groß-Serien ist und eine ausreichend hohe Hubzahl pro Arbeitstakt der Brennkraftmaschine mit den erforderlichen Öffnungs-/Schließ-Kräften auszuführen in der Lage ist. Die vorliegende Erfindung hat zum Ziel, solche Brennstoff-Einspritzventile bereitzustellen.

#### Erfindungsgemäße Lösung

Die Erfindung löst dieses Problem bei einer Ventilanordnung der oben genannten Art dadurch, dass die Magnet-Jochanordnung mehrere Polstege aufweist, die zumindest teilweise von Elektromagnet-Spulenanordnungen umgeben sind, die dazu eingerichtet sind, an gegenüberliegenden Flanken der Polstege jeweils gegensinnig gerichteten elektrischen Strom vorbeizuführen. Überraschenderweise hat sich nämlich gezeigt, dass es nicht erforderlich ist, von einer elektromagnetischen Betätigungsseinrichtung als Ventilantrieb auf einen Piezo-Linear-Aktor mit allen seinen ihm eigenen Nachteilen und Problemen umzustellen. Vielmehr kann durch die erfindungsgemäße Ausgestaltung der Komponenten der elektromagnetischen Betätigungsseinrichtung erreicht werden, dass das Brennstoff-Einspritzventil nicht nur die für Otto-Motoren erforderlichen Öffnungs-/Schließ-Kräfte, sondern sogar die für eine Diesel-Direkt-Einspritzung erforderlichen Öffnungs/Schließ-Kräfte bei erheblich mehr Hüben pro Arbeitstakt (mindestens etwa doppelt so viele wie ein Piezo-Linear-Aktor heutiger Bauart) mit einer elektromagnetischen Betätigungsseinrichtung bereitstellen kann.

Mit anderen Worten erlaubt die erfindungsgemäße Ventilanordnung die Realisierung von Öffnungs-/Schließ-Zyklen mit etwa 40 – 50 µsec und weniger. Damit sind Mehrfach-Einspritzvorgänge für ein effizientes Motormanagement sowohl für Otto-Motoren, als auch für Dieselmotoren möglich. Außerdem ist es auch möglich, den Brennstoffdurchsatz durch das Brennstoff-Einspritzventil dadurch zu erhöhen, dass mit der erfindungsgemäßen Ventilanordnung der Hubweg des Ventilgliedes bei vergleichbarer Hubzeit etwa 3 bis 6 mal größer sein

kann als bei einem Piezo-Linear-Aktor heutiger Bauart. Darüber hinaus erlaubt die erfindungsgemäße Anordnung eine sehr präzise Steuerung des Verlaufs des Hubweges über der Zeit. Der Stand der Technik (zum Beispiel aus der DE 100 05 182 A1) fordert eine zentral-symmetrische Geometrie der Polstege. Hierbei haben außerdem die äußeren Eisenringe einen geringeren Querschnitt als die inneren, etc. Dies wirkt sich auf die Gestaltung des Magnet-Ankers aus. Demgegenüber erlaubt die Erfindung eine insoweit freie Dimensionierung des Magnetjoches, der Magnet-Spulen- und Ankeranordnung, woraus bei der Erfindung zum Beispiel ein verhältnismäßig leichtgewichtigerer Magnetanker mit einer verbesserten Ventil-Dynamik resultiert.

#### Weiterbildungen und Ausgestaltungen der Erfindung

Bei einer ersten Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Brennstoff-Einspritzventils haben die Polstege ein Rastermaß, das etwa 2 bis etwa 30 mal, vorzugsweise etwa 5 bis etwa 20 mal, und besonders vorzugsweise etwa 10 mal größer ist als ein zwischen der Magnet-Joch-anordnung und der Magnet-Ankeranordnung gebildeter Luftspalt in einer Ruhestellung der Betätigungsseinrichtung. Das Verhältnis zwischen dem Rastermaß der Polstege, also einer Abmessung, die die magnetisch wirksame Fläche der Polstege mitbestimmt, und dem Luftspalt ist eine die Funktionalität des Ventils erheblich beeinflussende Größe. Die Erfindung geht davon aus, dass das Verhältnis im Bereich zwischen etwa 2 und etwa 30 liegen sollte, wobei jede Verhältniszahl zwischen diesen Grenzen im Bereich der Erfindung liegt und in erster Linie von den konstruktiven Gegebenheiten oder Anforderungen (verfügbarer Einbau-durchmesser, Länge, erforderlicher Ventilhub, Ventilglied-Dynamik, etc.) abhängt.

Indem die Polstege eine zur Mittellängsachse des Brennstoff-Einspritzventils im Wesentlichen asymmetrische Gestalt aufweisen wird vermieden, dass Fertigungsungenauigkeiten oder Schwankungen bei der Magnetfelderzeugung, oder Temperaturschwankungen zu unerwünschten Betriebszuständen führen. Vielmehr stellt sich die zur Mittellängsachse nicht rotations-symmetrische Gestaltung des Magnetjochs bzw. der Magnetspule insofern wesentlich unempfindlicher dar.

In einer Ausführungsform der Erfindung haben dazu die Polstege eine zur Mittellängsachse des Brennstoff-Einspritzventils spiralförmige Gestalt. In einer anderen Ausführungsform der Erfindung haben die Polstege eine im Wesentlichen mehreckige, vorzugsweise viereckige Gestalt und sind nebeneinander unter Bildung von Zwischenräumen zur Aufnahme der Elektromagnet-Spulenanzordnungen angeordnet, wobei die Polstege vorzugsweise parallel zueinander angeordnet sind.

Im letzteren Fall können wenigstens zwei benachbarte Polstege von wenigstens einer Elektromagnet-Spulenanordnung zumindest teilweise mäanderförmig umgeben sind. Alternativ dazu kann auch jeweils ein Polsteg von wenigstens einer Elektromagnet-Spulenanordnung zumindest teilweise umgeben sein. Eine Eigenschaft der Erfindung besteht darin, dass zumindest eine Elektromagnet-Spulenanordnung nicht-kreisringförmig gestaltete Polstege zumindest teilweise einschließt. Diese, in der Herstellung sehr effiziente Bauart erlaubt es, zwischen zwei Lagen aus Weicheisen enthaltendem Blech ein Strom leitendes Band zur Bildung der Magnet-Spulenanordnung und ein Weicheisen enthaltendes Blechband zur Bildung eines Stator-Jochrückens anzurufen. Dabei grenzen das Strom leitende Band und das Weicheisen enthaltende Blechband an jeweils einer Längskante – elektrisch isoliert – aneinander an.

Um besonders schlanke oder langgezogene Bauformen mit großen Halte- oder Schließkräften zu realisieren kann eine Kaskadierung von mehreren Ventilantrieben entlang der Bewegungsachse der Ventilanordnung erfolgen, indem die Betätigungsseinrichtung mehr als eine Baugruppe, gebildet durch die Magnet-Spulenanordnung, die Magnet-Jochanordnung, und die Magnet-Ankeranordnung aufweist. Diese Baugruppen wirken dabei gemeinsam auf die Ventilanordnung – entweder gleichsinnig oder gegensinnig.

Erfindungsgemäß wirkt die Betätigungsseinrichtung auf ein bewegliches Ventilglied ein, um dieses gegenüber einem mit dem Ventilglied zusammenwirkenden und stromabwärts zu dem Brennstoff-Einlaß angeordneten ortsfesten Ventilsitz zwischen einer Offen-Stellung und einer Geschlossen-Stellung zu bewegen. Damit kann eine direkt schaltende Ventilanordnung realisiert werden.

Bei einer anderen Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Brennstoff-Einspritzventils wirkt die Betätigungsseinrichtung auf ein bewegliches Ventilglied ein, um dieses gegenüber einem mit dem Ventilglied zusammenwirkenden ortsfesten Ventilsitz zwischen einer Offen-Stellung und einer Geschlossen-Stellung zu bewegen. Damit ist ein gesteuertes Ablassen von Brennstoff in eine Rückführleitung zu ermöglicht, wenn ein zweites, federbelastetes Ventilglied zusammen mit einem zweiten Ventilsitz durch den im Brennraum herrschenden Druck nicht geöffnet wird, und ein gesteuertes Ablassen von Brennstoff in den Brennraum ermöglicht, wenn das zweite, federbelastete Ventilglied zusammen mit dem zweiten Ventilsitz durch den im Brennraum herrschenden Druck geöffnet wird. Damit kann eine indirekt schaltende Ventilanordnung realisiert werden.

Erfindungsgemäß können die Magnet-Jochanordnung und/oder die Magnet-Ankeranordnung exzentrisch oder asymmetrisch zu einer Mittelachse des Brennstoff-Einspritzventils angeordnet sein.

In einer bevorzugten Ausführungsform kann die weichmagnetische Magnet-Jochanordnung aus wenigstens zwei zusammengefügten Schalen-Teilen mit Ausnehmungen gebildet sein, wobei in jeder Ausnehmung jeweils eine Elektromagnet-Spulen-anordnung aufgenommen ist, die in Bewegungsrichtung im Wesentlichen bündig mit der jeweiligen Stirnfläche eines der Schalen-Teile abschließt, wobei die Stirnflächen zusammen einen Hohlraum begrenzen, in dem die Magnet-Ankeranordnung längs der Mittellängsachse beweglich aufgenommen ist.

Die Elektromagnet-Spulen-anordnung kann auf wenigstens einer Seite der weichmagnetischen Magnet-Ankeranordnung durch eine mehrere Elektromagnet-Spulen gebildet ist, die etwa bündig mit einer der Stirnflächen einer der Schalen-Hälften abschließen.

Dabei können die einzelnen Ring-Spulen eine Dicke von etwa 20 bis etwa 80 % des Magnetjoch-Eisens haben. Außerdem können die einzelnen Spulen auf einer Seite der weichmagnetischen Magnet-Ankeranordnung dazu eingerichtet sein, gegensinnig bestromt zu werden.

Weiterhin kann zwischen den einzelnen Spulen wenigstens auf einer Seite der weichmagnetischen Magnet-Ankeranordnung das Joch-Eisen durch gegeneinander isolierte Eisenbleche gebildet sein.

Der Erfindung liegt das Prinzip zugrunde, die Elektromagnet-Spulen-anordnung und die Magnet-Ankeranordnung im Wesentlichen rechtwinkelig zueinander zu orientieren.

Erfindungsgemäß können die die Magnet-Spulen-anordnung und die Magnet-Ankeranordnung sich in radialer Richtung zur Mittellängsachse zumindest teilweise, vorzugsweise vollständig überlappen. Damit wird ein besonders effizienter Magnetkreis realisiert, der sehr geringe Ventil-Öffnungs-/Schließ-Zeiten erlaubt.

Bei einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Brennstoff-Einspritzventils kann die Magnet-Jochanordnung als ein im Wesentlichen zylindrischer weichmagnetischer Scheibenkörper mit radial oder tangential zur Mittellängsachse orientierten Unterbrechungen gestaltet sein. Diese Unterbrechungen können einfache Slitze sein oder zur Erhöhung der Stabilität der Magnet-Jochanordnung durch Material gebildet sein, das einen höheren magnetischen Widerstand als das Material des weichmagnetischen Scheibenkörpers hat.

Bei einer anderen Ausführungsform des erfindungsgemäßen Brennstoff-Einspritzventils kann die Magnet-Ankeranordnung durch zwei oder mehr von einander räumlich getrennte streifenförmige weichmagnetische Abschnitte gebildet sein. Auch hier können die räumlichen Trennungen einfache Schlitze sein oder zur Erhöhung der Stabilität durch Material gebildet sein, das einen höheren magnetischen Widerstand als das Material der streifenförmigen weichmagnetischen Abschnitte hat.

Die Magnet-Ankeranordnung kann eine weichmagnetische Scheibe mit Ausnehmungen, vorzugsweise radial orientierten, zum Rand der Scheibe reichenden Schlitten, oder Langlöchern gestaltet sein. Auch hier können die zum Rand der Scheibe reichenden Schlitten oder Langlöcher einfache Ausnehmungen sein oder zur Erhöhung der Stabilität durch Material gebildet sein, das einen höheren magnetischen Widerstand als das Material der weichmagnetischen Scheibe hat.

Die Magnet-Ankeranordnung kann auch mehrlagig aufgebaut sein, wobei zwischen zwei Weicheisenlagen eine Keramiklage angeordnet ist. Dieser Schichtaufbau ist an der Ventilstange befestigt. Zur weiteren Verbesserung der Stabilität können die beiden Eisenlagen auch entlang des Außenumfangs noch miteinander verbunden sein.

Weiterhin können die weichmagnetische Ankeranordnung und das Ventilglied miteinander verbunden und durch eine Federanordnung in die Offen-Stellung oder die Geschlossen-Stellung vorgespannt und durch Bestromen der Magnet-Spulenanordnung in die Geschlossen-Stellung oder die Offen-Stellung zu bringen sein.

Gemäß einer anderen Ausführungsform des erfindungsgemäßen Brennstoff-Einspritzventils können auch zwei der oben beschriebenen Betätigungeinrichtungen vorgesehen sein, die auf das Ventilglied gegensinnig wirken und dieses bei jeweiliger Bestromung in die Geschlossen-Stellung bzw. die Offen-Stellung bringen.

Das erfindungsgemäße Brennstoff-Einspritzventil kann dazu eingerichtet und dimensioniert sein, in den Brennraum einer fremd gezündeten Brennkraftmaschine, oder in den Brennraum einer selbstzündenden Brennkraftmaschine zu ragen.

Weitere Vorteile, Ausgestaltungen oder Variationsmöglichkeiten ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung der Figuren in denen die Erfindung im Detail erläutert ist.

Kurzbeschreibung der Figuren

Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung im Längsschnitt durch ein Brennstoff-Einspritzventil gemäß einer ersten Ausführungsform der Erfindung.

Fig. 2 zeigt eine schematische Draufsicht auf einen Querschnitt einer Weichmagnet-Ankeranordnung aus Fig. 1, geschnitten entlang der Linie II - II.

Fig. 3 zeigt eine schematische Draufsicht auf einen Querschnitt einer Weichmagnet-Jochanordnung aus Fig. 1, geschnitten entlang der Linie III - III.

Fig. 4 zeigt eine schematische Draufsicht auf eine Weichmagnet-Jochanordnung mit einer Magnetspulenanzordnung.

Fig. 5 zeigt eine schematische Draufsicht auf eine Weichmagnet-Jochanordnung und eine Magnetspulenanzordnung gemäß einer zweiten Ausführungsform der Erfindung.

Fig. 6 zeigt eine schematische Draufsicht auf eine Weichmagnet-Jochanordnung und eine Magnetspulenanzordnung gemäß einer dritten Ausführungsform der Erfindung.

Fig. 7 zeigt eine seitliche perspektivische Darstellung der Weichmagnet-Jochanordnung und der Magnetspulenanzordnung gemäß Fig. 6.

Fig. 8 zeigt eine seitliche teilweise längsgeschnittene Darstellung der Ventilstange mit einer Ankeranordnung, die ein Kastenprofil aufweist.

Detaillierte Beschreibung derzeitig bevorzugter Ausführungsformen

In Fig. 1 ist Brennstoff-Einspritzventil mit einem zu einer Mittellängsachse M im wesentlichen rotationssymmetrischen Ventilgehäuse 10 im schematischen Längsschnitt in einer halb geöffneten Stellung gezeigt. Ein derartiges Brennstoff-Einspritzventil dient zum direkten Einspritzen von Brennstoff in den nicht weiter veranschaulichten Brennraum einer Brennkraftmaschine. Das Brennstoff-Einspritzventil 10 hat einen radial orientierten, seitlichen Brennstoff-Einlaß 12, durch den mittels einer nicht weiter veranschaulichten Pumpe oder sonstigen Druckgeber unter Druck gesetzter Brennstoff in das Brennstoff-Einspritzventil einströmen kann. Es ist jedoch auch möglich, den Brennstoff-Einlaß etwa im mit 14 angedeuteten zentralen in Fig. 1 oberen Bereich des Brennstoff-Einspritzventils vorzusehen. Von dem Brennstoff-Einlaß 12 reicht ein zentraler Brennstoff-Kanal 16 durch ein Rohr 17 zu einem Brennstoff-Auslaß 18. An Ende des zentralen Brennstoff-Kanals 16 ist eine Ventilanordnung

20 vorgesehen, um den Brennstoff in gesteuerter Weise durch den Brennstoff-Auslaß 18 in den Brennraum der Brennkraftmaschine ausströmen zu lassen.

Die Ventilanordnung 20 ist durch ein sich in dem zentralen Brennstoff-Kanal 16 befindliches und zum Brennstoff-Auslaß 18 hin konisch verjüngendes Ventilglied 20a und einen mit dem Ventilglied 20a zusammenwirkenden Ventilsitz 20b gebildet, der entsprechend der Form des Ventilgliedes 20a gestaltet ist.

Das Ventilglied 20a ist über eine Betätigungsstange 22 mit einer elektrisch ansteuerbaren Betätigungseinrichtung 24 verbunden, um das Ventilglied 20a zwischen einer Offen-Stellung und einer Geschlossen-Stellung (in Fig. 1 auf und ab) zu bewegen. Damit wird von dem Brennstoff-Einlaß 12 kommender und durch den zentralen Brennstoff-Kanal 16 strömender, unter Druck stehender Brennstoff in gesteuerter Weise durch den Brennstoff-Auslaß 18 in den Brennraum ausgestoßen.

Die Betätigungseinrichtung 24 ist gebildet durch eine Elektromagnet-Spulenanordnung 24a, eine mit dieser zusammenwirkende weichmagnetische Magnet-Jochanordnung 24b, sowie eine mit dieser zusammenwirkende weichmagnetische Magnet-Ankeranordnung 24c. Dabei ist die weichmagnetische Magnet-Jochanordnung 24b aus zwei etwa auf Höhe der Schnittlinie II – II zusammengefügten Schalen-Hälften 24b' und 24b" mit Ausnehmungen 26a, 26b gebildet. Die Ausnehmungen 26a, 26b haben bei der Ausführungsform nach Fig. 1 in der Draufsicht die in den Fig. 4 und 5 gezeigte Längserstreckung und sind durch ebenfalls etwa trapez- oder parallelogrammförmige Polstege 25a, 25b begrenzt. In den Ausnehmungen 26a, 26b ist jeweils eine Elektromagnet-Spulenanordnung 24a' und 24 a" aufgenommen, die bündig mit den jeweiligen Stirnflächen 27a, 27b der Schalen-Hälften 24b' und 24b" abschließen.

Die Stirnflächen 27a, 27b der Schalen-Hälften 24b' und 24b" begrenzen einen Hohlräum 28, in dem die Magnet-Ankeranordnung 24c längs der Mittelachse M beweglich aufgenommen ist.

In der in Fig. 1 gezeigten Anordnung haben die Elektromagnet-Spulenanordnungen bzw. die Magnetjochanordnung die in Fig. 4 gezeigte Konfiguration, bei der die Polstege 25a, 25b eine im Wesentlichen viereckige Gestalt haben und nebeneinander unter Bildung von Zwischenräumen zur Aufnahme der Elektromagnet-Spulenanordnungen 24a', 24 a" angeordnet sind. Dabei sind die Polstege 25a, 25b vorzugsweise parallel zueinander angeordnet. Die Magnetjochanordnung kann hier aus einstückigem Weicheisen gebildet sein, aus dem die Polstege bzw. die Zwischenräume ausgeformt sind. In ein derartiges einstückiges Weichei-

sen-Formteil können Unterbrechungen in Form von Schlitzen oder Langlöchern eingearbeitet sein, die mit elektrisch isolierendem Material gefüllt sind. Es ist aber auch möglich, die Magnetjochanordnung als Formteil aus gesintertem Eisenpulver herzustellen oder aus mehreren gegeneinander isolierten Teilstücken zu montieren und zu ggf. verkleben.

Fig. 2 zeigt die weichmagnetische Magnet-Ankeranordnung 24c. Sie hat eine weichmagnetische Ankerscheibe 24c, die um die Mittelachse M herum angeordnet ist. Um die in der Ankerscheibe 24c induzierten Wirbelströme beim Betrieb des Brennstoff-Einspritzventils möglichst gering zu halten, ist die Ankerscheibe 24c mit radial orientierten Unterbrechungen 36 versehen. Diese Unterbrechungen haben die Gestalt von zum Rand 30 der Ankerscheibe 24c reichenden Schlitzen 36. Dadurch entstehen radial orientierte Streifen 25, die im Zentrum der Scheibe 24c miteinander verbunden sind.

Fig. 3 zeigt die weichmagnetische Magnet-Jochanordnung 24b im Querschnitt. Um die in der Magnet-Jochanordnung 24b induzierten Wirbelströme beim Betrieb des Brennstoff-Einspritzventils möglichst gering zu halten, ist die Magnet-Jochanordnung 24b mit einer Vielzahl von radial orientierten senkrechten Unterbrechungen 36 in Form von Schlitzen versehen. Um das Brennstoff-Einspritzventil fluiddicht zu gestalten, ist zwischen den Schlitzen 36 an der Außenwand ein Materialsteg 38 vorgesehen, der für eine geschlossene Mantelfläche sorgt. Alternativ dazu kann die geschlossene Mantelfläche auch an den radial inneren Enden der Slitze 36 angeordnet sein. Dies hat außerdem den Vorteil einer ggf. verbesserten Wärmeableitung aus dem Magnetjoch. Dabei sind beide Schalen-Hälften 24b' und 24b'' der Magnet-Jochanordnung 24b mit den Schlitzen 36 versehen.

Aus dem Vorstehenden wird deutlich, dass die Elektromagnet-Spulenanordnung 24a und die radial orientierten Streifen 25 der weichmagnetischen Ankerscheibe 24c im Wesentlichen rechtwinklig zueinander orientiert sein können. Es versteht sich, dass dies entweder in der vorstehend beschriebenen Form mit radial orientierten Streifen 25 der Anker-Anordnung 24b und einer spiralförmigen Elektromagnet-Spulenanordnung 24a bzw. Magnet-Jochanordnung 24b realisiert werden kann, oder umgekehrt. Aber auch mit Ankerteilen und einer sternförmig gestalteten Elektromagnet-Spulenanordnung.

Die Magnet-Ankeranordnung 24c ist eine kreisrunde eisenhaltige Scheibe mit einer weiter unten im Detail beschriebenen Gestalt. Die Elektromagnet-Spulenanordnung 24a und die Magnet-Ankeranordnung 24c überlappen sich in radialer Richtung bezogen auf die Mittelachse (M). Wie in der Fig. 1 gezeigt ist, hat die Elektromagnet-Spulenanordnung 24a einen geringeren Außendurchmesser als die Ankerscheibe 24c, so dass der aus der Elektromagnet-

Spulenanordnung 24a hervorgerufene magnetische Fluss praktisch ohne nennenswerte Streu-Verluste in die Ankerscheibe 24c eindringt. Damit wird ein besonders effizienter Magnetkreis realisiert, der sehr geringe Ventil-Öffnungs-/Schließ-Zeiten sowie hohe Haltekräfte erlaubt.

Die Ankerscheibe 24c kann – unabhängig von der Gestaltung des Magnetjoches bzw. der Magnet-Skulenanordnung – auch eine geschlossene Kreisscheibe aus Weicheisen sein, sofern die oben beschriebene Ausgestaltung des Magnetjoches bzw. der Magnet-Skulenanordnung sicherstellt, dass die Streuverluste bzw. Wirbelstromverluste gering genug für den jeweiligen Einsatzzweck sind.

Wie in Fig. 1 veranschaulicht, ist die Ankerscheibe 24c mit der Betätigungsstange 22 starr verbunden und in einem durch die Schalen-Hälften 24b' und 24b" der Magnet-Jochanordnung 24b begrenzten Ankerraum 34 längs der Mittelachse M in dem Rohr 17 geführt längsbeweglich aufgenommen. Dabei ist die Ankerscheibe 24c mit der Betätigungsstange 22 durch eine zur Mittelachse M koaxial angeordnete Schraubenfeder 40 belastet, so dass das am Ende der Betätigungsstange 22 befindliche Ventilglied 20a in dem Ventilsitz 20b fluiddicht sitzt, also in seine Geschlossen-Stellung gedrängt ist. Beim Bestromen einer der Spulen (zum Beispiel 24a') der Elektromagnet-Skulenanordnung 24a wird in der Magnet-Jochanordnung 24b ein wirbelstromarmes Magnetfeld induziert, das die Ankerscheibe 24c mit der Betätigungsstange 22 in Richtung der jeweiligen Schalen-Hälfte 24b' zieht in der sich die bestromte Spule befindet. Damit bewegt sich das Ventilglied 20a von dem Ventilsitz 20b weg in seine Offen-Stellung. Beim Bestromen der anderen Spule (zum Beispiel 24a") der Elektromagnet-Skulenanordnung 24a bewegt sich das Ventilglied 20a in die jeweils andere Stellung zu dem Ventilsitz 20b hin in seine Geschlossen-Stellung. Eine am von dem Ventilglied 20a abliegenden Ende der Betätigungsstange 22 auf diese wirkende Schraubenfeder 40 hält das Ventilglied 20a bei unbestromter Elektromagnet-Skulenanordnung 24a in seiner Geschlossen-Stellung.

Eine nicht weiter im Detail veranschaulichte Ausgestaltung der Erfindung besteht darin, über die Betätigungsstange 22 mit dem Ventilglied 20a mehrere (zwei oder mehr) Ankerscheiben 24c zu koppeln, auf die jeweils von einer oder von beiden Seiten eine Skulen-Jochanordnung wirkt. Außerdem kann die Skulenanordnung 24a zu beiden Seiten der weichmagnetischen Magnet-Ankeranordnung 24c jeweils mehrteilig ausgestaltet sein. Dabei sind jeweils zwei oder mehr Elektromagnet-Skulenanordnungen 24a', 24a" vorgesehen, die im Wesentlichen bündig mit den jeweiligen Stirnflächen 27a, 27b der Schalen-Hälften 24b' und 24b" abschließen. Diese Ausführungsform kann bei gleichem Bauvolumen eine erhöhte Magnetfeld-

Dichte und damit auch eine gesteigerte Ventilglied-Haltekraft und Ventilglied-Betätigungs-geschwindigkeit haben. Durch die einzelnen Spulen einer auf Seite (oberhalb bzw. unterhalb) der jeweiligen Magnet-Ankeranordnung 24c fließt dabei abwechselnd gegensinnig gerichteter Strom. Das Joch-Eisen zwischen den einzelnen Spulen 24a einer Seite kann hier durch ge-geneinander isolierte Eisenbleche gebildet sein.

Die beiden Ausführungsformen sind mit elektrisch ansteuerbaren Betätigungeinrichtungen 24 gezeigt, bei denen eine zentrale Betätigungsstange 22 von einer scheibenförmigen Mag-net-Ankeranordnung 24c bewegt wird. Es ist auch möglich, anstelle der zentralen Betäti-gungsstange 22 ein Rohr vorzusehen, an dessen Stirnfläche der Magnet-Anker angeordnet ist.

Bei der Ausführungsform des Magnet-Joches bzw. der Magnetspulen gemäß Fig. 4 ist jeder einzelne Polsteg von einer separaten Wicklung umgeben. Der besseren Übersicht wegen sind in Fig. 4 nicht alle Polstege mit Elektromagnet-Spulenanordnungen versehen dargestellt. Dabei sind alle Elektromagnet-Spulenanordnungen 24a' und 24 a" entweder gegensinnig gewickelt und gleichsinnig bestromt oder bei gleichsinniger Wicklung gegensinnig bestromt um an gegenüberliegenden Flanken 25a', 25a" der Polstege 25a, 25b jeweils gegensinnig gerichteten elektrischen Strom vorbeiführen.

Alternativ dazu ist es auch möglich, die Elektromagnet-Spulenanordnung in der in Fig. 5 ge-zeigten Konfiguration auszuführen, bei der eine (oder mehrere) Wicklungen mäanderförmig in die Ausnehmungen 26a, 26b zwischen die Polstege 25a, 25b der Magnet-Jochanordnung eingelegt ist (sind). Auch hier wird an gegenüberliegenden Flanken 25a', 25a" jedes der Pol-stege 25a, 25b jeweils gegensinnig gerichteter elektrischer Strom vorbeigeführt. Ersichtlich haben bei allen Ausführungsformen die Polstege 25a, 25b (und auch die Ausnehmungen 26a, 26) eine zur Mittellängsachse M des Brennstoff-Einspritzventils im Wesentlichen asym-metrische Gestalt, wobei zumindest eine Elektromagnet-Spulenanordnung 24a', 24 a" nicht-kreisringförmig gestaltete Polstege zumindest teilweise so einschließt, dass an deren Flanken gegensinnig gerichteter elektrischer Strom vorbeigeführt wird.

Die in den Fig. 6 und 7 gezeigte Ausführungsform einer Elektromagnet-Spulenanordnung 24a wird mit der mit ihr zusammenwirkenden weichmagnetischen Magnet-Jochanordnung 24b integriert hergestellt. Dazu wird ein Weicheisen enthaltendes, lang gestrecktes Jochblech 50 beidseitig mit einem Leiterstreifen 52 umgeben, indem dieser um eine – im späteren, fertigen Zustand innen liegende - Längskante 50' des Jochblechs 50 umgeknickt wird. Neben dem Leiterstreifen 52 wird ein Weicheisen enthaltendes Blechband 54 angeordnet, das ge-

nauso dick ist wie der Leiterstreifen 52 und ebenfalls um die – im fertigen Zustand innen liegende – Längskante 50' des Jochblechs 50 umgeknickt wird. Das neben dem Leiterstreifen 52 liegende Blechband 54 dient dazu, zusammen mit dem Abschnitt des Jochbleches 50, an dem es flächig anliegt, – im fertigen Zustand – den Rücken des Magnetjoches zu bilden. Der Leiterstreifen 52 überragt die – im fertigen Zustand außen liegende – seitliche Längskante 50" des Jochblechs 50 an beiden Enden zur elektrischen Kontaktierung. Anschließend wird eine zweite Lage eines ein Weicheisen enthaltenden, lang gezogenen Jochbleches 56 dagegen gelegt, so dass ein Schichtaufbau bestehend aus dem erstem Jochblech 50, den Leiterstreifen 52 und dem Blechband 54, sowie dem zweiten Jochblech 56 entsteht. Dieser Schichtaufbau wird anschließend in der in Fig. 6 gezeigten Weise spiralförmig zusammengerollt, um das aus einer Spule und einem Joch bestehende Gesamtgebilde zu erhalten. Nach dem spiralförmigen Zusammenrollen liegen die ersten und zweiten Jochbleche 50, 56 dicht aneinander an und das Gesamtgebilde ist ein zylindrischer Wickelkörper. Es versteht sich, dass der Leiterstreifen 52 gegen die Weicheisen-Teile 50, 54, 56 elektrisch isoliert ist.

Der in Fig. 1 gezeigte, zur Mittellängsachse M koaxiale Luftspalt zwischen der Magnet-Jochanordnung 24b und der Magnet-Ankeranordnung 24c in der Ruhestellung der Betätigseinrichtung 24 gebildete Luftspalt ist etwa 10 mal größer als das Rastermaß der Polstege. Dabei ist das Rastermaß bei dieser Ausführungsform die Querabmessung der Polstege. Bei der Ausführungsform der Magnet-Jochanordnung 24b nach den Fig. 6, 7 ist das Rastermaß die Dicke des Jochbleches 40. Es sind auch andere Geometrien der Polstege möglich. Bestimmend für das Rastermaß sind die kleinsten Strukturen der Polstege, also deren Längsabmessungen, Querabmessungen, Dicke, etc. welche zu einer feinteiligen Gestalt der auf den Magnet-Anker wirkenden Pole des Magnetjoches führen. Dieses kleine Rastermaß führt zu hoher magnetischer Flussdichte und damit zu hohen Anzugs- bzw. Haltekräften der Ventilanordnung bzw. auch zu einer niedrigen Schaltzeit, da die elektrischen und magnetischen Verluste bzw. die induzierten Gegenkräfte sehr gering sind.

In Fig. 8 ist eine weitere Alternative für eine Ausgestaltung der Ankeranordnung gezeigt. Dabei ist die Ankerscheibe 24c mehrlagig aufgebaut. Zwischen zwei relativ dünnen – und damit wirbelstromarmen – Weicheisenlagen 24c' ist zur Erhöhung der mechanischen Stabilität eine Keramiklage 24c" angeordnet und a der Ventilstange 22 befestigt. Es versteht sich, dass die beiden Weicheisenlagen 24c' entweder vollständige Ankerscheiben oder in der oben beschriebenen Art augenommene Scheiben sein können. Auch können mehrere derartige Ankeranordnungen entlang der Ventilstange 22 verteilt angeordnet sein.

**Ansprüche**

1. Brennstoff-Einspritzventil für Brennstoff-Einspritzanlagen von Brennkraftmaschinen, insbesondere zum direkten Einspritzen von Brennstoff in einen Brennraum einer Brennkraftmaschine mit

- einem Brennstoff-Einlaß (12), der dazu eingerichtet ist, Brennstoff in das Brennstoff-Einspritzventil einströmen zu lassen,
- einer elektrisch ansteuerbaren Betätigungsseinrichtung (24) die mit einer Ventilanordnung (20) zusammenwirkt, um Brennstoff in direkt oder indirekt gesteuerter Weise durch einen Brennstoff-Auslaß (18) in den Brennraum ausströmen zu lassen, wobei
  - die Betätigungsseinrichtung (24) eine zu bestromende Magnet-Spulenanordnung (24a), eine mit dieser zusammenwirkende im Wesentlichen weichmagnetische Magnet-Jochanordnung (24b), sowie eine mit dieser zusammenwirkende im Wesentlichen weichmagnetische Magnet-Ankeranordnung (24c) aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass
  - die Magnet-Jochanordnung (24b) mehrere Polstege () aufweist, die zumindest teilweise von Elektromagnet-Spulenanordnungen (24a', 24 a'') umgeben sind, die dazu eingerichtet sind, an gegenüberliegenden Flanken (25a', 25a'') der Polstege (25a, 25b) jeweils gegensinnig gerichteten elektrischen Strom vorbeiführen.

2. Brennstoff-Einspritzventil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet dass

- die Polstege (25a, 25b) ein Rastermaß aufweisen, das 2 bis 30 mal, vorzugsweise 5 bis 20 mal, und besonders vorzugsweise etwa 10 mal größer ist als ein zwischen der Magnet-Jochanordnung (24b) und der Magnet-Ankeranordnung (24c) gebildeter Luftspalt in einer Ruhestellung der Betätigungsseinrichtung (24).

3. Brennstoff-Einspritzventil nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet dass

- die Polstege (25a, 25b) eine zur Mittellängsachse (M) des Brennstoff-Einspritzventils im Wesentlichen asymmetrische Gestalt aufweisen.

4. Brennstoff-Einspritzventil nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet dass

- die Polstege (25a, 25b) eine zur Mittellängsachse des Brennstoff-Einspritzventils spiralförmige Gestalt haben.

5. Brennstoff-Einspritzventil nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet dass

- zwischen zwei Lagen aus Weicheisen enthaltendem Blech ein Strom leitendes Band und ein Weicheisen enthaltendes Blechband angeordnet sind, wobei das Strom leitende Band und das Weicheisen enthaltende Blechband an jeweils einer Längskante aneinander angrenzen.

6. Brennstoff-Einspritzventil nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet dass

- die Polstege (25a, 25b) eine im Wesentlichen mehreckige, vorzugsweise viereckige Gestalt haben und nebeneinander unter Bildung von Zwischenräumen zur Aufnahme der Elektromagnet-Spulenanordnungen (24a', 24 a'') angeordnet sind, wobei die Polstege (25a, 25b) vorzugsweise parallel zueinander angeordnet sind.

7. Brennstoff-Einspritzventil nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet dass

- wenigstens zwei benachbarte Polstege (25a, 25b) von wenigstens einer Elektromagnet-Spulenanordnung (24a', 24 a'') zumindest teilweise mäanderförmig umgeben sind.

8. Brennstoff-Einspritzventil nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet dass

- jeweils ein Polsteg (25a, 25b) von wenigstens einer Elektromagnet-Spulenanordnung (24a', 24 a'') zumindest teilweise umgeben ist.

9. Brennstoff-Einspritzventil nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet dass

- zumindest eine Elektromagnet-Spulenanordnung (24a', 24 a'') nicht-kreisringförmig gestaltete Polstege (25a, 25b) zumindest teilweise einschließt.

10. Brennstoff-Einspritzventil nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet dass

- die Betätigungsseinrichtung (24) mehr als eine Baugruppe, gebildet durch die Magnet-Spulenanordnung (24a), die Magnet-Jochanordnung (24b), und die Magnet-Ankeranordnung (24c) aufweist, wobei diese Baugruppen gemeinsam gleichsinnig oder gegensinnig auf die Ventilanordnung (20) wirken.

11. Brennstoff-Einspritzventil nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet dass

- 16 -

- die Betätigungsseinrichtung (24) auf ein bewegliches Ventilglied (20a) der Ventilanordnung (20) einwirkt, um dieses gegenüber einem mit dem Ventilglied (20a) zusammenwirkenden und stromabwärts zu dem Brennstoff-Einlaß (12) angeordneten ortsfesten Ventilsitz (20b) zwischen einer Offen-Stellung und einer Geschlossen-Stellung zu bewegen.

12. Brennstoff-Einspritzventil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet dass

- die weichmagnetische Magnet-Jochanordnung (24b) wenigstens zwei zusammengefügte Schalen-Teile (24b', 24b'') mit Ausnehmungen (26a, 26b) aufweist, in denen jeweils eine Elektromagnet-Spulenanordnung (24a', 24 a'') aufgenommen ist, die im Wesentlichen bündig mit der jeweiligen Stirnfläche (27a, 27b) eines der Schalen-Teile (24b', 24b'') abschließt, wobei die Stirnflächen (27a, 27b) zusammen einen Hohlraum (28) begrenzen, in dem die Magnet-Ankeranordnung (24c) längs der Mittellängsachse (M) beweglich aufgenommen ist.

13. Brennstoff-Einspritzventil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet dass

- dass die Elektromagnet-Spulenanordnung (24a', 24 a'') auf wenigstens einer Seite der weichmagnetischen Magnet-Ankeranordnung (24c) durch mehrere, Elektromagnet-Spulen-Anordnungen gebildet ist, die im Wesentlichen bündig mit einer der Stirnflächen (27a, 27b) einer der Schalen-Hälften (24b', 24b'') abschließen.

14. Brennstoff-Einspritzventil nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet dass

- die einzelnen Spulen eine Dicke von etwa 20 bis etwa 80 % des zwischen zwei Spulen vorhandenen Magnetjoch-Eisens haben.

15. Brennstoff-Einspritzventil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet dass

- die einzelnen Spulen auf einer Seite der weichmagnetischen Magnet-Ankeranordnung (24c) dazu eingerichtet sind, gegensinnig bestromt zu werden.

16. Brennstoff-Einspritzventil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet dass

- zwischen den einzelnen Spulen auf einer Seite der weichmagnetischen Magnet-Ankeranordnung (24c) das Joch-Eisen durch gegeneinander isolierte Eisenbleche gebildet ist.

17. Brennstoff-Einspritzventil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet dass
  - die Elektromagnet-Spulenanordnung (24a) und die Magnet-Ankeranordnung (24c) im Wesentlichen rechtwinklig zueinander orientiert sind.
18. Brennstoff-Einspritzventil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet dass
  - die Magnet-Spulenanordnung (24b) und die Magnet-Ankeranordnung (24c) sich in radialer Richtung zur Mittelachse (M) zumindest teilweise überlappen.
19. Brennstoff-Einspritzventil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet dass
  - die Magnet-Jochanordnung (24b) als ein im Wesentlichen zylindrischer weichmagnetischer Scheibenkörper mit radial orientierten Unterbrechungen (36) gestaltet ist.
20. Brennstoff-Einspritzventil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet dass
  - die Magnet-Ankeranordnung durch zwei oder mehr von einander räumlich getrennte streifenförmige Abschnitte (25) gebildet ist.
21. Brennstoff-Einspritzventil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet dass
  - die Magnet-Ankeranordnung (24c) eine weichmagnetische Scheibe mit Ausnehmungen (38), vorzugsweise radial orientierten, zum Rand (30) der Scheibe reichenden Schlitten, oder Langlöchern gestaltet ist.
22. Brennstoff-Einspritzventil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet dass
  - die Magnet-Ankeranordnung (24c) mehrlagig aufgebaut ist, wobei zwischen zwei Weicheisenlagen (24c') eine Keramiklage (24c'') angeordnet und an der Ventilstange (22) befestigt ist.
23. Brennstoff-Einspritzventil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet dass
  - die Magnet-Ankeranordnung (24c) und das Ventilglied (20a) miteinander verbunden sind und durch eine Federanordnung (40) in die Offen-Stellung oder die Geschlossen-Stellung

- 18 -

vorgespannt sind und durch Bestromen der Magnet-Spulenanordnung (24a) in die Geschlossen-Stellung oder die Offen-Stellung bringbar sind.

24. Brennstoff-Einspritzventilanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet dass

- das Brennstoff-Einspritzventil dazu eingerichtet und dimensioniert ist, in den Brennraum einer fremdgezündeten Brennkraftmaschine zu ragen.

25. Brennstoff-Einspritzventil nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass

- das Brennstoff-Einspritzventil dazu eingerichtet und dimensioniert ist, in den Brennraum einer selbstzündenden Brennkraftmaschine zu ragen.

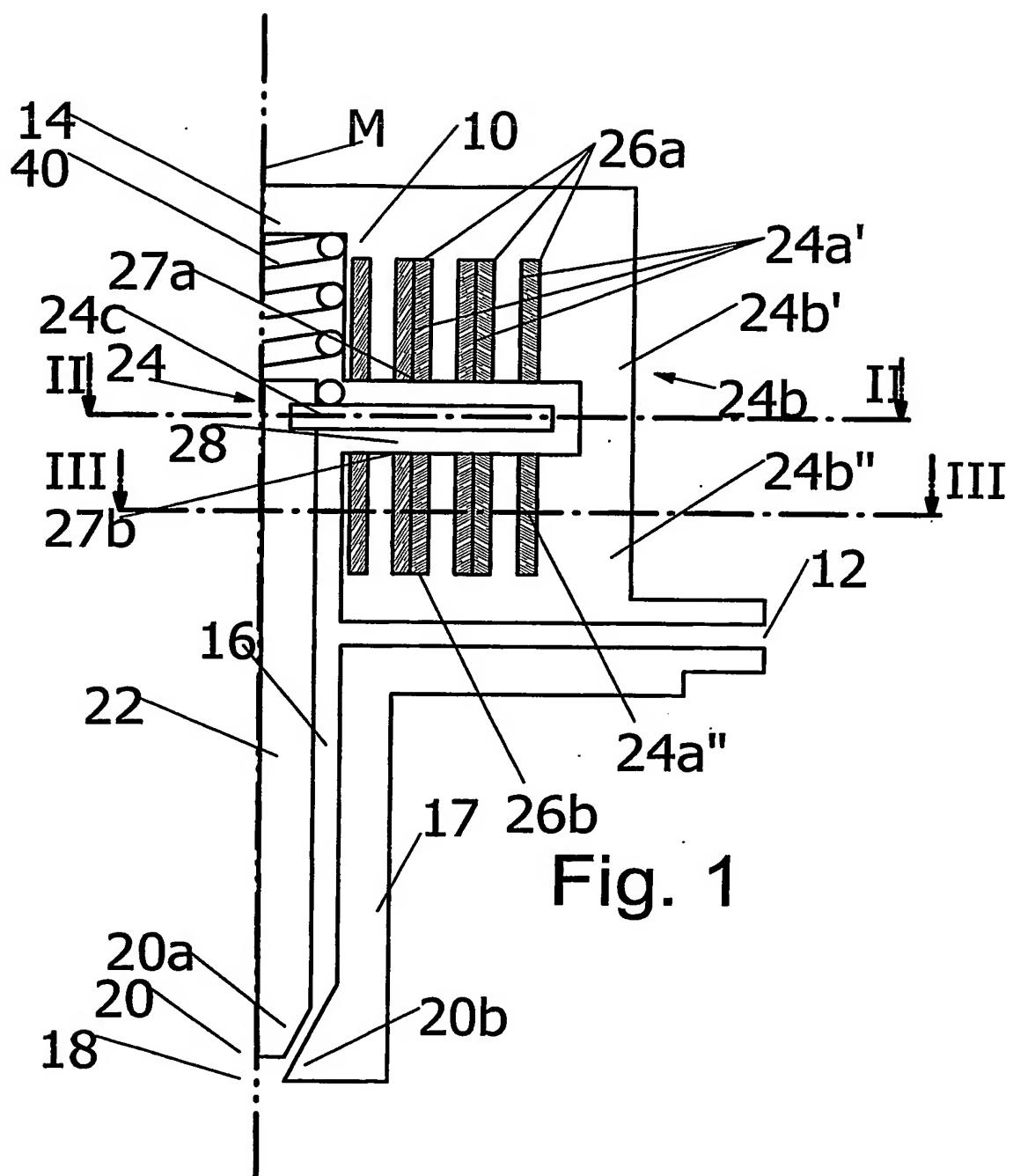
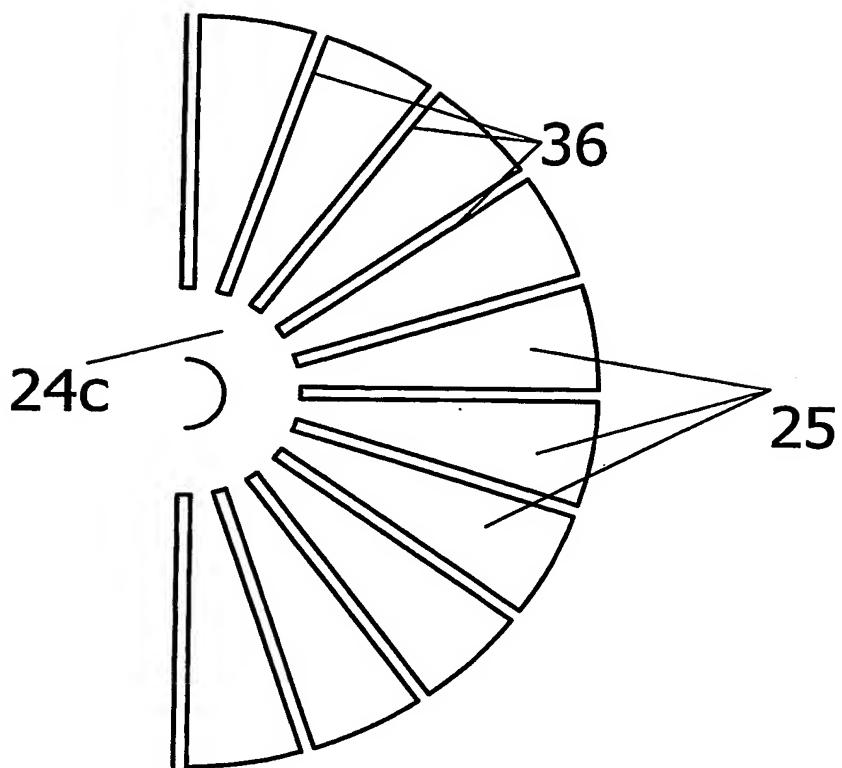


Fig. 2



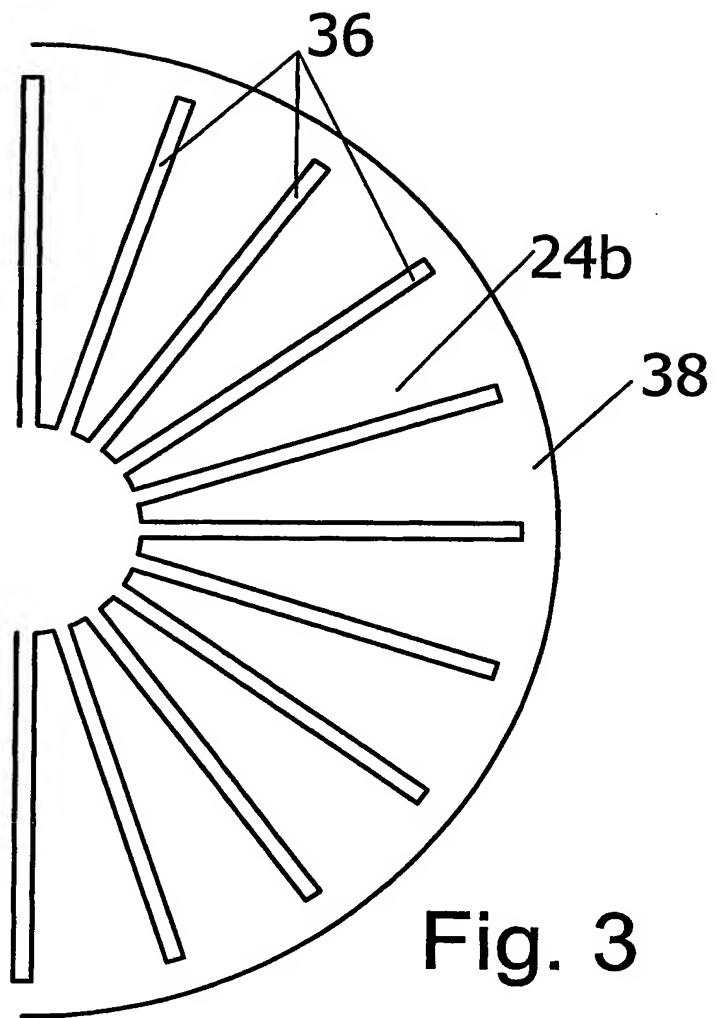


Fig. 3

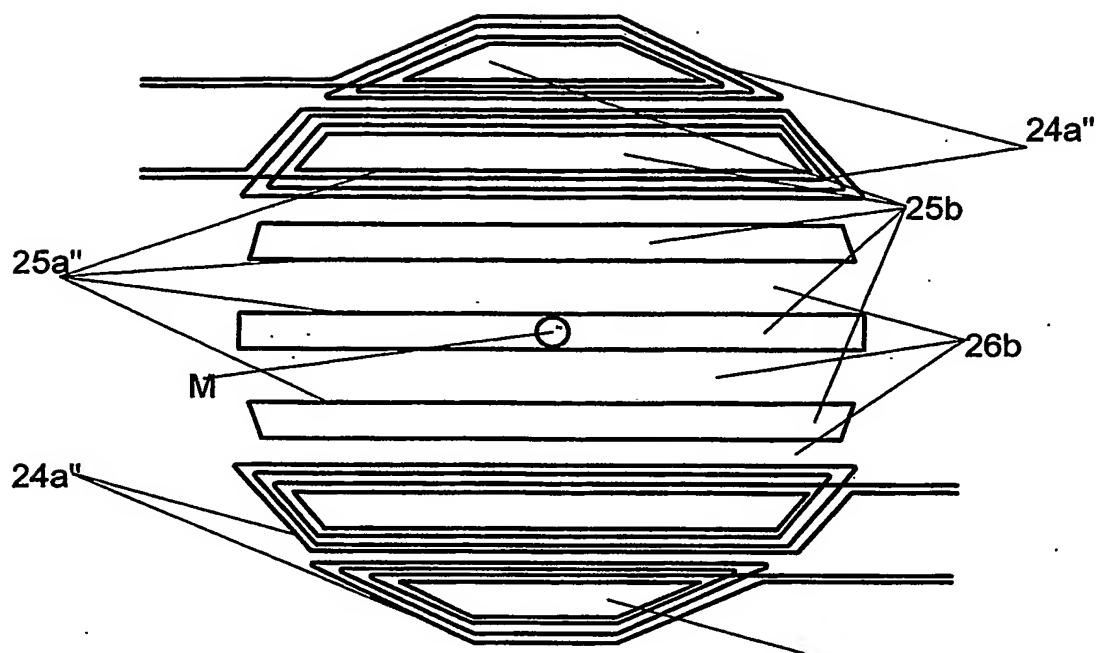


Fig. 4

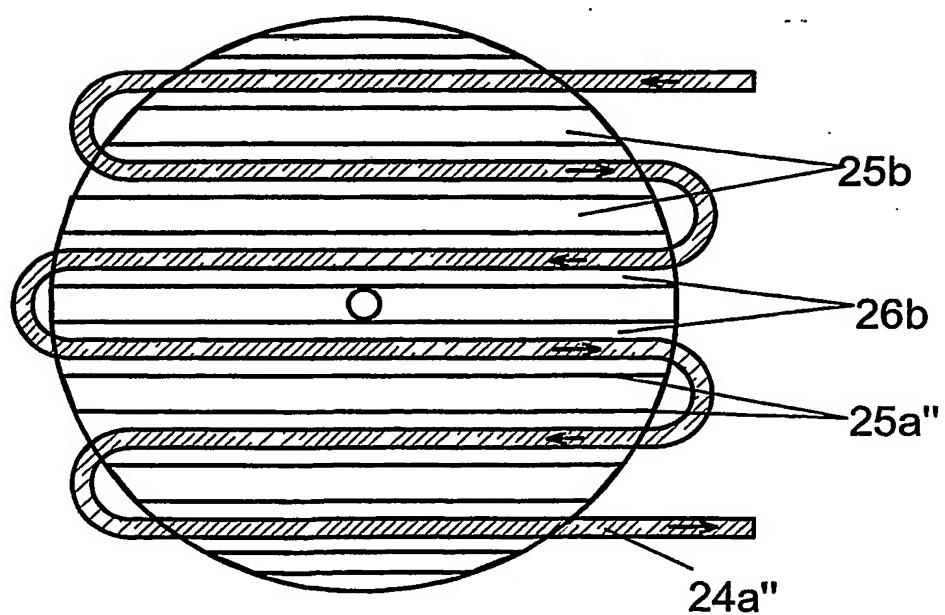


Fig. 5

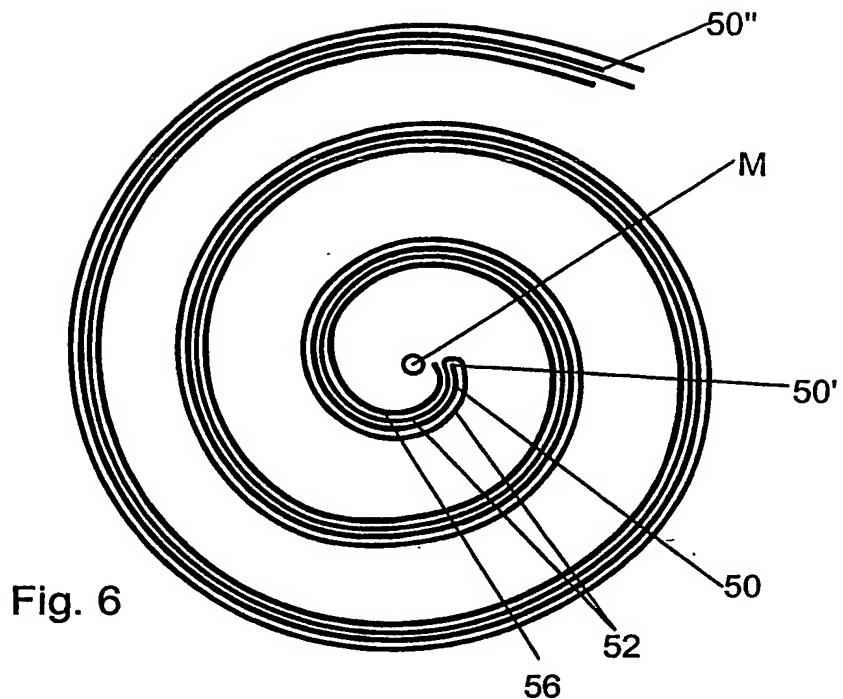


Fig. 6

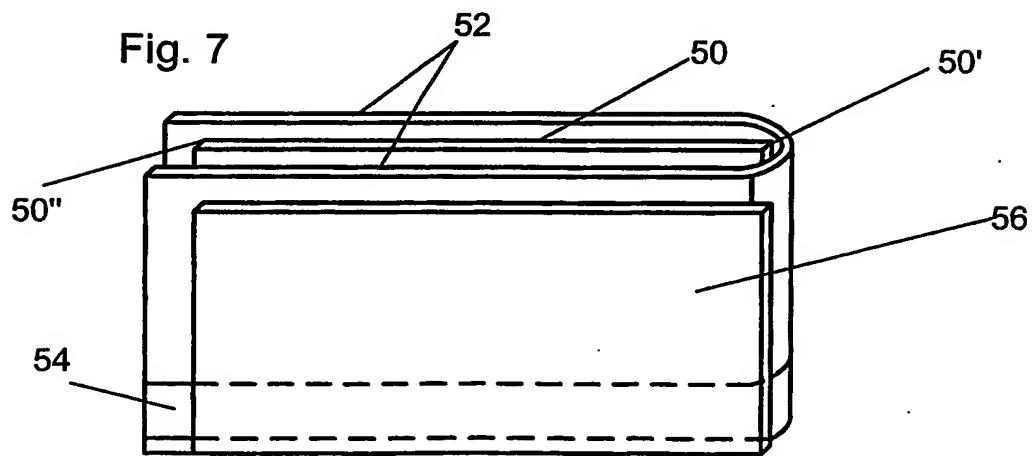


Fig. 7

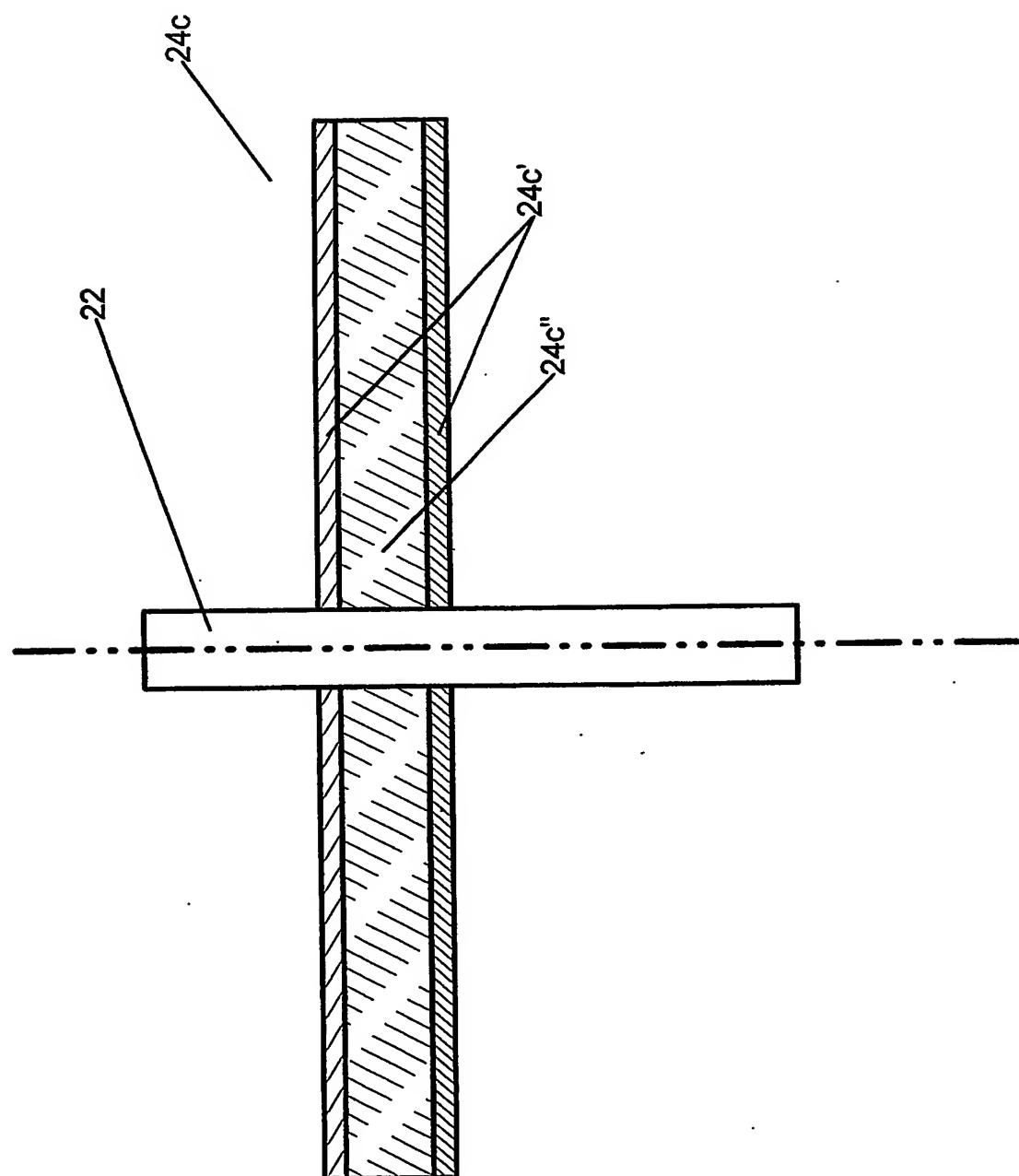


Fig. 8

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP2004/000929

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
IPC 7 F02M51/06 F02M45/08

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 F02M

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 6 065 684 A (VARBLE DANIEL LEE ET AL) 23 May 2000 (2000-05-23)	1,8-15, 23-25
Y	abstract; figures	2-7, 16-22
X	US 5 035 360 A (GREEN CHRISTOPHER J ET AL) 30 July 1991 (1991-07-30) abstract; figures 1-4	1-10
Y	US 4 156 506 A (LOCKE ALAN W ET AL) 29 May 1979 (1979-05-29) abstract; figures 1-6	2-7
Y	US 5 207 410 A (WAKEMAN RUSSELL J) 4 May 1993 (1993-05-04) abstract; figures 1-6	16-22
	---	-/-

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the International filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the International filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*&\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the International search

6 April 2004

Date of mailing of the International search report

14/05/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Blanc, S

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP2004/000929

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1999, no. 03, 31 March 1999 (1999-03-31) -& JP 10 335139 A (DENSO CORP), 18 December 1998 (1998-12-18) abstract; figures 1,2 ---	1,4, 7-15, 23-25
X	FR 2 194 888 A (BOSCH GMBH ROBERT) 1 March 1974 (1974-03-01) figures 1-4 ---	1,8-15, 23-25
X	US 2001/019085 A1 (ASAI SATORU ET AL) 6 September 2001 (2001-09-06) abstract; figure 3 -----	1,8-15, 23-25

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No  
PCT/EP2004/000929

Patent document cited in search report	Publication date		Patent family member(s)		Publication date
US 6065684	A	23-05-2000	US 6036120 A DE 69910363 D1 DE 69910363 T2 EP 1066467 A1 WO 9949210 A1		14-03-2000 18-09-2003 25-03-2004 10-01-2001 30-09-1999
US 5035360	A	30-07-1991	NONE		
US 4156506	A	29-05-1979	GB 1599525 A DE 2812739 A1 ES 468271 A1 FR 2384956 A1 IT 1093613 B JP 53120017 A		07-10-1981 28-09-1978 16-09-1979 20-10-1978 19-07-1985 20-10-1978
US 5207410	A	04-05-1993	CN 1086585 A DE 69306781 D1 DE 69306781 T2 EP 0643806 A1 JP 3302365 B2 JP 7507373 T WO 9324750 A1		11-05-1994 30-01-1997 28-05-1997 22-03-1995 15-07-2002 10-08-1995 09-12-1993
JP 10335139	A	18-12-1998	NONE		
FR 2194888	A	01-03-1974	DE 2237746 A1 FR 2194888 A1		07-02-1974 01-03-1974
US 2001019085	A1	06-09-2001	JP 2001165014 A JP 2001263141 A DE 10060657 A1		19-06-2001 26-09-2001 13-06-2001

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen  
PCT/EP2004/000929

**A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES**  
IPK 7 F02M51/06 F02M45/08

Nach der internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

**B. RECHERCHIERTE GEBIETE**

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 F02M

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data

**C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN**

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 6 065 684 A (VARBLE DANIEL LEE ET AL) 23. Mai 2000 (2000-05-23)	1,8-15, 23-25
Y	Zusammenfassung; Abbildungen	2-7, 16-22
X	US 5 035 360 A (GREEN CHRISTOPHER J ET AL) 30. Juli 1991 (1991-07-30)	1-10
	Zusammenfassung; Abbildungen 1-4	
Y	US 4 156 506 A (LOCKE ALAN W ET AL) 29. Mai 1979 (1979-05-29)	2-7
	Zusammenfassung; Abbildungen 1-6	
Y	US 5 207 410 A (WAKEMAN RUSSELL J) 4. Mai 1993 (1993-05-04)	16-22
	Zusammenfassung; Abbildungen 1-6	
	---	
	-/-	

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

- \* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
- \*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- \*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem Internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- \*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- \*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- \*P\* Veröffentlichung, die vor dem Internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

- \*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
- \*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfändischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- \*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfändischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
- \*&\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

Absendedatum des Internationalen Recherchenberichts

6. April 2004

14/05/2004

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Blanc, S

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen PCT/EP2004/000929
---

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1999, no. 03, 31. März 1999 (1999-03-31) -& JP 10 335139 A (DENSO CORP), 18. Dezember 1998 (1998-12-18) Zusammenfassung; Abbildungen 1,2 ----	1,4, 7-15, 23-25
X	FR 2 194 888 A (BOSCH GMBH ROBERT) 1. März 1974 (1974-03-01) Abbildungen 1-4 ----	1,8-15, 23-25
X	US 2001/019085 A1 (ASAI SATORU ET AL) 6. September 2001 (2001-09-06) Zusammenfassung; Abbildung 3 -----	1,8-15, 23-25

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/000929

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 6065684	A	23-05-2000	US DE DE EP WO	6036120 A 69910363 D1 69910363 T2 1066467 A1 9949210 A1		14-03-2000 18-09-2003 25-03-2004 10-01-2001 30-09-1999
US 5035360	A	30-07-1991		KEINE		
US 4156506	A	29-05-1979	GB DE ES FR IT JP	1599525 A 2812739 A1 468271 A1 2384956 A1 1093613 B 53120017 A		07-10-1981 28-09-1978 16-09-1979 20-10-1978 19-07-1985 20-10-1978
US 5207410	A	04-05-1993	CN DE DE EP JP JP WO	1086585 A 69306781 D1 69306781 T2 0643806 A1 3302365 B2 7507373 T 9324750 A1		11-05-1994 30-01-1997 28-05-1997 22-03-1995 15-07-2002 10-08-1995 09-12-1993
JP 10335139	A	18-12-1998		KEINE		
FR 2194888	A	01-03-1974	DE FR	2237746 A1 2194888 A1		07-02-1974 01-03-1974
US 2001019085	A1	06-09-2001	JP JP DE	2001165014 A 2001263141 A 10060657 A1		19-06-2001 26-09-2001 13-06-2001